

海岸画像と数値計算を用いた深層学習による波高推定精度向上に関する一検討

名古屋大学 学生会員 ○ 宮下 侑莉華
岐阜工業高等専門学校 正会員 菊 雅美

名古屋大学 正会員 中村 友昭
名古屋大学 正会員 趙 容桓
名古屋大学 フェロー 水谷 法美

1. はじめに

三重県の七里御浜井田海岸では、1950年代以降のダム建設や土砂採取などを原因として土砂供給量が減少し、海岸侵食が深刻化している。海岸侵食が進む井田海岸の適切な管理を行うために地形変化特性を把握することは重要であり、これまで多くの研究が行われてきた。2012年には、海岸観測を目的としてネットワークカメラが設置され、その後渡邊ら¹⁾により、画像から抽出された汀線と入射波浪を関連付けた検討が行われた。その際、入射波浪として井田海岸と波浪特性が概ね一致することがKim et al.²⁾により確認されているNOWPHASの三重尾鷲沖の波浪観測データが使用された。しかし、2020年以降、三重尾鷲沖における観測は停止しており、井田海岸に作用する波浪と地形変化の関係について検討できていない。そこで、著者ら³⁾は、ネットワークカメラ画像に深層学習を適用し、画像から三重尾鷲沖における波浪推定を試みた。その結果、海岸のやや北側を捉える画像を用いることで有義波高 $H_{1/3}$ に関して十分な精度で推定可能であることが示された。しかし、観測値に対して推定値が過小評価しており、推定モデルの精度向上が必要である。本研究では、ネットワークカメラ画像より作成されたオルソ画像と、第3世代波浪推算モデルSWAN (Simulating WAVes Nearshore)により算出された $H_{1/3}$ を用いることで、モデルの推定精度向上を試みる。

2. 研究手法

深層学習の一種であるCNNを、海岸画像とSWANによる $H_{1/3}$ の推算値、NOWPHASによる $H_{1/3}$ の観測値から作成されたデータセットに適用し、モデルを構築した。対象期間は、NOWPHAS三重尾鷲沖において比較的波浪データの欠測が少ない2013年1月から12月までとした。

(1) 第3世代波浪推算モデルSWAN

本研究では、第1領域として東経130度～150度、北緯24度～37度の範囲には1.5秒角の格子を用い、

第2領域として東経135.5度～137度、北緯33度～34.5度の範囲には10秒角の格子を用いた。水深は、日本周辺の500mメッシュ海底地形データであるJ-EGG500とGEBCO2014 Gridを補間して設定した。風データは、気象庁の提供するメソ数値予報モデルGPV(MSM)を用いた。風データの格子間隔は、緯度0.05度×経度0.0625度とした。また、第1領域の境界には、NOAA WAVEWATCH IIIのアーカイブデータを0.5度間隔で入力した。

図-1に、三重尾鷲沖のNOWPHAS観測地点の $H_{1/3}$ についてNOWPHAS観測データとSWANの推算値との相関を示す。同図より、決定係数は $R^2=0.927$ であり、両者には相関があると判断できる。また、RMSEは、0.389mであり、SWANにより尾鷲沖の $H_{1/3}$ を概ね再現可能であるといえる。

(2) 入力画像の作成とCNNの入力条件

井田海岸のネットワークカメラは、毎日5時台から19時台まで、海岸の北側から南側にかけて5方向を観測している。本研究では、ESRI ArcGISのジオリファレンス機能を用いてネットワークカメラ

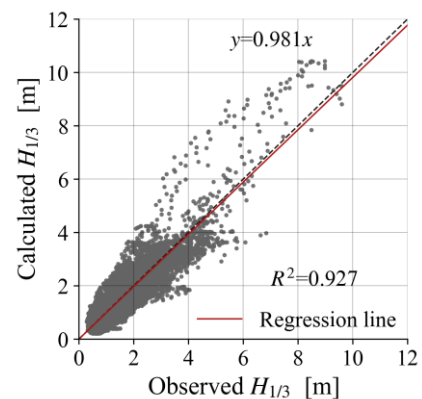


図-1 有義波高の観測値と推算値の相関 (2013)



図-2 作成されたオルソ画像

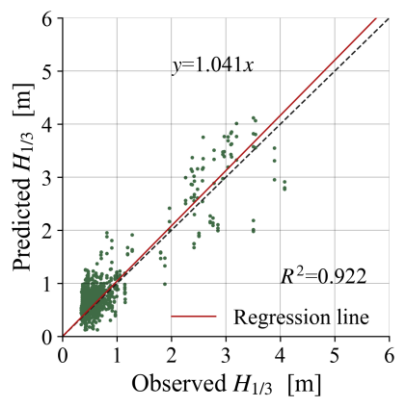


図-3 オルソ画像を用いた $H_{1/3}$ 推定結果

画像を射影変換した。その際、趙ら⁴⁾により、UAV-SfM/MVS 測量結果を用いてキャリブレーションされた補正係数を用いた。図-2 に、作成されたオルソ画像を例示する。画素数は 1600×400 px であったが、CNN への適用のため、 160×40 px に画像を縮小した。

対象期間のうち、2013年1月～11月を学習用、12月を評価用としてデータセットを分割した。学習用データは3762、評価用データは278であった。また、学習用データのうち、10%を学習時の検証用データとして用いた。事前の検討より、Batch size は64、Epoch は100とした。学習は各3回行った。

3. 有義波高の推定

(1) オルソ画像を用いた波高推定

図-2 に示したオルソ画像を説明変数、NOWPHAS の三重尾鷲沖における $H_{1/3}$ を目的変数として波浪推定モデルを構築した。図-3 に、12月におけるオルソ画像からの $H_{1/3}$ の推定結果を示す。同図より、回帰直線の傾きは1に近く、宮下ら³⁾のように過小評価する傾向にはなっていない。これは、2013年12月において4mを超える波高がほとんど観測されていないためと考えられる。また、3回の学習の平均RMSEは0.325mであり、オルソ画像によりNOWPHAS観測値を概ね推定可能と判断できる。

(2) オルソ画像とSWAN推定値を用いた波高推定

オルソ画像とSWANによる $H_{1/3}$ の推算結果を説明変数、NOWPHASの三重尾鷲沖における $H_{1/3}$ を目的変数として、波浪推定モデルを構築した。図-4 に推定結果を示す。同図より、オルソ画像を入力した場合と同様に、回帰直線の傾きは1に近い。また、図-3と比較して平均RMSEは0.268mと小さく、また決定係数も $R^2 = 0.938$ と高く、SWANによる $H_{1/3}$ の推定値も説明変数として与えることで推定精度

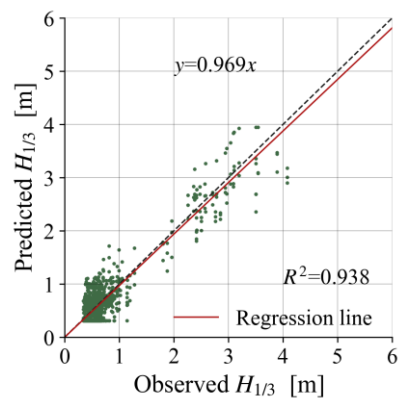


図-4 オルソ画像とSWAN推定値を用いた $H_{1/3}$ 推定結果

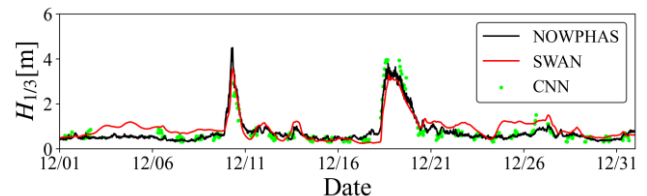


図-5 観測値と推定値の比較

が向上している。図-5に、 $H_{1/3}$ の時間変化に関して、NOWPHASの観測値、SWANの推算値、CNNによる推定値の比較を示す。同図より、CNNによる推定モデルは画像の欠測により不連続ではあるものの、オルソ画像とSWANによる推算値を用いることで $H_{1/3}$ の時間変化を十分な精度で推定できることが確認できる。

4. おわりに

本研究では、オルソ画像とSWANを用いて、三重尾鷲沖で観測された有義波高 $H_{1/3}$ を推定した。その結果、オルソ画像のみを用いて $H_{1/3}$ の推定が概ね可能であること、SWANによる波浪推算結果を用いることで、推定精度が向上することが示された。また、既往の研究と比較して少ないデータ数で構築したモデルであったにもかかわらず、十分な精度で推定できた。ただし、CNNのパラメータの最適化は行っておらず、今後の検討課題である。

参考文献: 1) 渡邊ら: UAVとネットワークカメラを用いた七里御浜井田海岸における海浜変形に関する研究, 土木学会論文集B3(海洋開発), Vol. 72, No. 2, pp. I_790-I_795, 2016. 2) Kim et al.: Wave hindcast and wave characteristics at Shichiri-Mihama Ida beach, *Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B3(Ocean Engineering)*, Vol. 73, No. 2, pp. I_162-I_167, 2017. 3) 宮下ら: 深層学習による海岸画像を用いた波浪推定に関する検討, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol. 78, No. 2, pp. I_127-I_132, 2022. 4) 趙ら: ネットワークカメラとUAV-SfM/MVS測量を組み合わせた海浜変形特性の把握, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol. 76, No. 2, pp. I_655-I_660, 2020.